Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

Reamostragem de séries pluviométricas no estado da Paraíba

Leydson Galvêncio Dantas¹, Carlos Antonio Costa dos Santos² e Ricardo Alves de Olinda³

¹ Doutorando em Meteorologia, Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas (UACA), Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus I, Campina Grande – PB, Fone: (083) 9 9910-1504, (autor correspondente); leydsongalvencio@gmail.com; ² Professor da UACA/UFCG, calostorm@gmail.com; ³ Professor do Departamento de Estatística da Universidade Estadual da Paraíba (DE/UEPB), Campina Grande – PB, ricardo.estat@yahoo.com.br.

Artigo recebido em 25/05/2016 e aceito em 25/06/2016

RESUMO

As falhas presentes nos dados observacionais das séries históricas meteorológicas podem proporcionar erros na análise e por sua vez, interpretações errôneas dos resultados, indicando falsos valores nas tendências ou períodos de retorno, em eventos extremos como exemplo, principalmente nos estudos das séries temporais pluviométricas. Diante deste trabalho é proposto o preenchimento das falhas em 18 municípios da Paraíba, correspondente ao período de 1935 à 2014. A metodologia utilizada na reamostragem dos dados foi a de *bootstrap*, no qual utiliza por intermédio de interpolações da série histórica correspondente a cada município, e aos vizinhos mais próximos do mesmo ou os representativos da localidade, no desenvolvimento de uma nova amostragem de dados. Por meio deste método foi possível a realização do preenchimento das falhas, obtendo como resultado principal, uma melhoria na qualidade das séries pluviométricas, devido a aplicação da reamostragem nos meses onde havia ausência de informações.

Palavras-chave: *Bootstrap*, Séries Temporais, Climatologia.

Resampling series rainfall in the state of Paraíba

ABSTRACT

These gaps in observational data of meteorological time series can provide errors in the analysis and in turn, misinterpretation of results, indicating false values in trends or return periods in extreme events as an example, particularly in studies of rainfall time series. Before this work is proposed to fill the gaps in 18 cities of Paraíba, corresponding to the period 1935 to 2014. The methodology used in the resampling of the data was the bootstrap, which uses through interpolations of the time series of each municipality, and the nearest neighbors of the same or representative of the locality, the development of a new sample data. Through this method it was possible to realize the fulfillment of failures, obtaining as main result, an improvement in the quality of rainfall series, due to application of resampling in the months where there was lack of information.

Keywords: *Bootstrap*, Time Series, Climatology.

Introdução

Séries temporais de precipitação com alta qualidade de informações são de fundamental importância nas pesquisas climatológicas para qualquer localidade, que por sua vez, pode ser analisado eventos extremos, tendências, sazonalidades, homogeneidade de precipitação em determinadas microrregiões, prognósticos, monitoramento de vazões de rios e barragens, dentre vários fatores de interesse da sociedade, entretanto, a presença nas falhas dos dados

históricos podem influenciar na má interpretação dos resultados obtidos, em qualquer tipo de pesquisa.

A Paraíba possui irregularidades na sua precipitação, se distribuindo principalmente entre os meses de janeiro a maio, predominando eventos de pouca duração com altos valores na precipitação. O Estado da Paraíba é susceptível a extremos climáticos devido à alta variabilidade espaço-temporal da precipitação, proporcionando

eventos de secas como também de precipitação intensa (Dantas, 2016).

Caracterizar as condições climáticas de uma região ou estudos relacionados à complexidade ambiental podem requerer o uso de dados meteorológicos, mas dependendo da série temporal, alguns acabam inviáveis, pois ao empregar dados sem um controle de qualidade, pode influenciar de forma negativa os resultados finais da pesquisa (Nascimento et al, 2009).

Orczyk e Porwik (2015) testando algumas metodologias de preenchimento de falhas, observaram melhores resultados em seus experimentos nos dados onde foram aplicadas imputações, ao ser comparado com os que não tiveram algum tipo de ajuste, resultados similares foram encontrados por Sim et al (2016), onde ressaltam a redução de trabalho que haveria nas análises dos dados, devido ao processo de imputação dos mesmos.

A perda parcial de informações em análises de séries temporais são um problema real, já que a correlação existente entre os dados é o principal motivo da utilização dos mesmos. A fim de amenizar as falhas, Amaral (2014) por meio do pacote Amelia II, observou melhora significativa na qualidade das imputações ao realiza-las de forma indireta.

Wang et al. (2009) observaram que pelo preenchimento das falhas, aplicando o bootstrap nos dados do nível do mar para o Oceano Pacífico, pode-se calcular os impactos do ENSO na região, descobrindo logo em seguida, com a série de dados preenchida que esses impactos sobre o nível do mar em baixas latitudes são mais diretos e fortes. Faria e Neto (2014), destacaram que o método *bootstrap* possui melhor desempenho na reamostragem de dados, tanto em pequenas amostras como em séries longas de dados.

Esse estudo tem como destaque a elaboração da reamostragem das informações pluviométricos em alguns municípios do Estado paraibano, pela utilização do método de *bootstrap*,

demonstrando sua devida aplicação, calculando a partir das séries de precipitação de cada município e a sua interpolação com as precipitações dos municípios respectivos a cada mesorregião, com o intuito de minimizar erros que possam afetar estudos futuros, devido as falhas de informações.

Material e métodos

Localização

O devido estudo foi desenvolvido para o estado da Paraíba, localizado a leste da região Nordeste do País, entre os paralelos de 06°S – 09°S e os meridianos de 34°W – 39°W, limitando-se ao norte com o estado do Rio Grande do Norte, ao sul com o estado do Pernambuco, a oeste com o estado do Ceará e ao leste com o Oceano Atlântico.

No último censo realizado pelo IBGE (2014) o estado da Paraíba possuía uma população de 3.943.885 habitantes, distribuída de forma heterogênea, limitada dentre suas quatro Mesorregiões (Sertão Paraibano, Borborema, Agreste e Mata Paraibana) onde se distribui os seus 223 municípios, sua área territorial total é aproximadamente de 56.439,838 km², proporcionando uma densidade demográfica com cerca de 66,70 hab/km².

Dados

É utilizado os dados mensais pluviométricos de 18 municípios da Paraíba (Figura 1), entre os anos de 1935 à 2014. Os dados das séries temporais foram fornecidos das estações pluviométricas da SUDENE (Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste), INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e AESA (Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba). Como ferramenta de auxílio na interpretação dos resultados obtidos pela metodologia, também foram utilizados boletins climáticos fornecidos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Figura 1. Mapa do Brasil com a localização da Paraíba e seus respectivos postos pluviométricos distribuídos espacialmente nos 18 municípios utilizados nesse estudo.

Metodologia

Segundo Fischer (1982), uma série temporal significa um conjunto de variáveis aleatórias conjuntamente distribuídas no tempo. Sua análise baseia-se na suposição da existência de alguma função que assume probabilidades para todas as possíveis combinações dos valores da variável. Consequentemente, se é possível descrever numericamente como é a estrutura probabilística da variável no tempo, então pode-se inferir sobre a possibilidade da ocorrência de um outro futuro valor. Alguns dos problemas e questões de interesse para a análise prospectiva das séries temporais, pode ser bem explicada, considerando os dados reais observados nas diferentes áreas de conhecimento (Shumway e Stoffer, 2011).

O bootstrap foi constantemente trabalhado por alguns pesquisadores (Efron 1979; Efron 1986; Efron e Tibshirani, 1993; Davison e Hink, 1997), o qual conseguiram observar por meio deste método, a reposição de valores ausentes em uma distribuição amostral. Deste modo é possível extrair várias amostras com uma nova estrutura

criada para obter a caracterização dos dados faltosos da amostra original (Faria e Neto, 2014).

Com a evolução da tecnologia foi possível a implementação deste método em sistemas computacionais, minimizando o tempo operacional que levaria para se obter um valor de reamostragem principalmente ao se tratar de longas séries temporais (Chernick e LaBudde, 2011). Sendo assim, a simulação dos dados se dará por meio do algoritmo EM via bootstrap (EMB), implementado no pacote Amelia II do software R (R. Core Team 2015).

Este algoritmo seguramente converge para o estimador de máxima verossimilhança e tem como base a ideia de substituir uma difícil maximização por uma sequência de maximizações mais fáceis, envolvendo dois passos, o passo “E” (esperança) que calcula o valor esperado do logaritmo da verossimilhança completo, e o passo “M”, que encontra seu máximo. Os passos são repetidos até se atingir a convergência (Figura 2). Este algoritmo de imputação múltipla também generaliza abordagens existentes, permitindo identificar tendências de uma série ao longo do tempo.

Figura 2. Síntese da imputação múltipla com o uso do algoritmo EMB.

Quando se fala em imputações múltiplas, se preocupa em conhecer o parâmetro de informações completos, $\theta = (\mu, \Sigma)$. Honaker e King (2010) observaram que ao descrever um modelo de dados é de suma importância os dados reais D^{obs} e M , da matriz perdida, sendo assim a probabilidade de se observar os dados é

$$p(D^{obs}, M | \theta) \quad (4.3)$$

Logo,

$$p(D^{obs}, M | \theta) = p(M | D^{obs}) p(D^{obs} | \theta) \quad (4.4)$$

Devido à inferência dos dados completos, a equação pode ser reescrita como,

$$L(\theta | D^{obs}) \propto p(D^{obs} | \theta) \quad (4.5)$$

Na qual pode ser reescrita novamente pela lei das interações como,

$$p(D^{obs} | \theta) = \int p(D | \theta) dD^{mis} \quad (4.6)$$

Com esta probabilidade podemos ter uma predição de θ , observando assim, que o valor posterior será,

$$L(\theta | D^{obs}) \propto p(D^{obs} | \theta) = \int p(D | \theta) dD^{mis} \quad (4.7)$$

A principal dificuldade que se pode encontrar durante a realização destes cálculos computacionais é igualar ou aproximar valores existentes na série observada e anexá-los a dados faltosos. Uma vez realizada a aproximação, pode-se imputar os valores perdidos a partir da distribuição dos valores observados, no caso em que a regressão seja linear, os parâmetros podem calcular diretamente o θ .

De forma alternativa, pode-se combinar diretamente a imputação múltipla dos parâmetros de estimação, sendo $\bar{q}$ a média dos valores estimados de m , q_j ($j = 1, \dots, m$):

$$\bar{q} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m q_j \quad (4.8)$$

Obtendo-se assim, o valor médio da imputação múltipla pela variância estimada para

cada conjunto de dados observados.

Figura 3. Valores observados de precipitação e seus respectivos intervalos à 90% de confiança para imputação das cidades dentre a mesorregião da Mata Paraibana, correspondente ao período 1935 – 2014.

Resultados e discussão

Devido as falhas encontradas nas séries de dados mensais por alguns motivos, como defeito no pluviômetro, erro de leitura, ou até mesmo pela ausência de responsável com a devida capacidade de registrar os dados. Torna-se necessário a utilização da reamostragem nos dados, proporcionando deste modo na possibilidade de analisar as séries temporais. Portanto para este fim foi adotado a técnica multivariada bootstrap de imputação pelo algoritmo AMELIA II.

Neste contexto torna-se necessário e pertinente o cuidado em trabalhar com o polinômio de terceiro grau, pois ao gerar séries hidrometeorológicas sintéticas, embora teoricamente todas as séries geradas sejam igualmente possíveis do ponto de vista estatístico, nem todas as informações da reamostragem são plausíveis ao ponto de vista físico e meteorológico, desta forma é evitado erros em virtude da amplitude que poderia encontrar, minimizando algumas possíveis imperfeições como valores negativos de precipitação no gráfico da reamostragem.

Durante a reamostragem, valores negativos podem ser encontrados, por isso é

necessário que ocorra um processo de truncamento dos valores onde a precipitação é encontrada inferior a zero, obtendo-se assim um preenchimento de informações com dados acima de zero e abaixo do maior valor já observado na série das precipitações no estado da Paraíba em milímetros. Vale salientar que a cada processo de reamostragem, ocorre a geração de diferentes conjuntos de amostras em seus respectivos intervalos de confiança.

Baseado na teoria do método bootstrap, Coskun et al. (2013) observaram a excelência do uso deste método no preenchimento de falhas, destacando o grau de robustez para as distribuições assimétricas, notando a simplicidade em aplicá-la, como também na confiabilidade do uso em grandes centros de pesquisas, na reconstrução de informações que antes eram defasadas.

Como se sabe, devido a metodologia *bootstrap* ser multivariada foi proposto analisar alguns municípios do Estado de acordo com suas respectivas mesorregiões, auxiliando assim em uma melhora na qualidade de saída dos resultados pelos cálculos da imputação, realçando que, a cada falha observada numa série temporal, o

bootstrap destaca no criado, o intervalo de uma imputação média no formado de traços vermelhos.

A imputação é gerada depois de calculado e obtido, os cinco possíveis cenários e por conseguinte, os valores correspondentes a cada reamostragem, a ser melhor preenchida de acordo com o conhecimento prévio e a experiência do pesquisador sobre a atuação dos possíveis fatores

climáticos que estavam associados durante o momento no tempo em que não houve dados observados, possibilitando na melhor escolha do cenário da reamostragem, cada traço vermelho na escala temporal corresponde a um mês de registro de informações que foi realizado na reamostragem, como tão bem pode ser observado pelas Figura 3, Figura 4, Figura 5 e Figura 6.

Figura 4. Valores observados de precipitação e seus respectivos intervalos à 90% de confiança para a imputação das cidades dentre a mesorregião do Agreste Paraibano, correspondente ao período 1935 – 2014.

Na mesorregião da Mata Paraibana (Figura 3) é analisado as séries históricas com maior valor representativo, ou seja, onde os municípios obtiveram menos falhas nas observações, diante deste contexto é praticado a análise nas cidades de Alhandra, Mamanguape e Sapé, onde a precipitação média mensal e o volume máximo mensal registrado nestas cidades dentre o período estudado encontra-se por volta de 150,4 e 811,9mm em Alhandra, 108,8 e 734,7mm em Mamanguape e por fim 87,7 e 629mm em

Sapé respectivamente. As falhas são encontradas em momentos distintos do tempo, passando a ser similar pela década de 90, de acordo com o gráfico da densidade, onde pode ser observado que as imputações médias dos três municípios representam uma porcentagem de 5,7 % dos dados que necessitaram do processo da reamostragem.

Analisando agora a mesorregião do Agreste Paraibano (Figura 4), dar-se continuidade na observação das séries históricas com maior representatividade, ao partir desse pressuposto,

tem-se as cidades de Areia, Bananeiras, Campina Grande, Itabaiana e Soledade, onde a precipitação média mensal e o volume máximo mensal registrado nas cidades dentre o período estudado está em torno de 118,6 e 717,2mm em Areia, 98,9 e 647,1mm em Bananeiras, 65,3 e 470,1mm Campina Grande, 63,4 e 351mm Itabaiana e para concluir na cidade de Soledade 33,7 e 398,2 mm respectivamente.

Diversas falhas são encontradas em momentos distintos do tempo, passando a ser similar pela década de 90 em todas as cidades e excepcionalmente por volta da década de 50 na cidade de Areia, de acordo com o gráfico da densidade, onde é observado que as imputações

médias representam uma porcentagem de 6,7 % dos dados que necessitaram do processo da reamostragem. Nota-se que isso pode estar relacionado as poucas falhas encontradas em Bananeiras, pois as cidades de Campina Grande e Itabaiana há ausência de observações maiores em alguns anos, se comparado aos outros municípios. Observando o conjunto de reamostragens da Figura 4, associado a média das precipitações, já se pode observar as discrepâncias entre as precipitações que ocorrem nas cidades mais próximas da Mata Atlântica como Itabaiana das que estão nas proximidades da Borborema como Soledade.

Figura 5. Valores observados de precipitação e seus respectivos intervalos à 90% de confiança para a imputação das cidades dentre a mesorregião da Borborema, correspondente ao período 1935 – 2014.

Considerado as imputações para as cidades com mais representatividade na mesorregião da Borborema (Figura 5), obtemos, os municípios de Cabaceiras, São João do Tigre e Santa Luzia, onde a precipitação média mensal e o volume máximo mensal registrado nas cidades dentre o período estudado está algo por volta de 28,3 e 386 mm em Cabaceiras, 40,5 e 461,8mm em São João do Tigre, complementando as cidades representativas para a Borborema temos Santa Luzia com 46,3 e 490,7 mm, respectivamente.

A cidade de São João do Tigre é a que encontra-se com o maior volume de falhas dentre as cidades representativas para a mesorregião, continuando a similaridade pela década de 90 da ausência de observações em todas as cidades. Pelo gráfico da densidade é observado que as imputações médias representam uma porcentagem de 5% dos dados que necessitaram do processo da reamostragem. As informações das médias mensais e análise da série temporal pela figura auxilia na observação da diminuição no valor de precipitação mensal associado aos poucos meses onde há precipitação.

Figura 6. Valores observados de precipitação e seus respectivos intervalos à 90% de confiança para a imputação das cidades dentre a mesorregião do Sertão Paraibano, correspondente ao período 1935 – 2014.

Nessa mesorregião pode-se encontrar a cidade de Cabaceiras, já considerada a mais seca do país e uma das mais secas do mundo, esse exemplo serve como facilitador ao entendimento de como o local é desprivilegiado de eventos mensais significativos de precipitação, devido particularmente a peculiaridade na distribuição de precipitação que ocorre no trimestre onde a ZCIT atua com maior frequência sobre o HS. Depiné et al. (2014) observaram que a utilização métodos estatísticos na reamostragem permite a

reconstrução de séries históricas horárias, entretanto os pesquisadores destacam que a eficiência do preenchimento das falhas é diretamente dependente das condições locais de cada região e na qualidade dos dados registrados. A falta de informações na distribuição de variáveis meteorológicas é um sério problema na compreensão da variabilidade climática em uma determinada localidade, surgindo a necessidade do preenchimento das falhas (Wanderley et al., 2011).

Finalizando as análises das imputações, percebe-se que na mesorregião do Sertão Paraibano (Figura 6), os municípios escolhidos como os mais representativos foram Aguiar, Bonito de Santa Fé, Conceição, Imaculada, Nova Olinda, Patos e Princesa Isabel, onde a precipitação média mensal e o volume máximo mensal registrado destas cidades ficaram por volta de 75,7 e 788,6mm em Aguiar, 76,2 e 674,2mm em Bonito de Santa Fé, 63,8 e 511,4mm em Conceição, 55,5 e 531,4 em Imaculada, 76,6 e 615,8mm em Nova Olinda, 63,8 e 641mm em Patos respectivamente, concluindo a análise das cidades do Sertão Paraibano temos Princesa Isabel com sua média mensal de 70,6mm e volume máximo mensal já registrado de 691,6 mm.

Como bem observado nas outras mesorregiões há ausência de registros no início da década de 90. A cidade de Patos é a que se encontra com o maior valor de falhas dentre as cidades representativas da mesorregião, já as cidades onde a ausência de dados é menor são as cidades de Imaculada, Nova Olinda e Princesa Isabel. Observa-se pelo gráfico da densidade que as imputações médias representam uma porcentagem de 6 % dos dados que necessitaram do processo de reamostragem.

Com a análise dos registros de precipitação das figuras e as informações das médias mensais, pode-se dizer estatisticamente que o valor médio mensal da precipitação é similar ao do Agreste Paraibano, entretanto ao mesmo tempo é impossível de se comparar em termos climáticos devido aos seus períodos com maiores valores pluviométricos serem diferentes e ocorrerem em meses distintos do ano, vale salientar também que o relevo e a estrutura geográfica dessas regiões são diferentes.

Apesar de uma pequena similaridade no valor médio mensal, o Sertão Paraibano é a mesorregião na qual mais padece com os efeitos da estiagem, pois as precipitações nessa região são fortemente associadas ao comportamento das anomalias do Oceano Pacífico Sul, Atlântico Norte e Atlântico Sul.

A limitação dos recursos hídricos na atualidade é um importante condicionante ao desenvolvimento econômico e social, uma vez que, pode acarretar inúmeros desafios ao planejamento e gerenciamento deste recurso (Sousa et al., 2015). As falhas dentre a década de 90 pode ser explicada pela troca de responsabilidade na coleta dos registros pluviométricos da antiga SUDENE para a atual AESA, neste período de transição as estações

passaram por manutenção e outras foram implantadas em algumas cidades dentre 1989 e 1992.

Há falta de informações pluviométricas em grande parte das cidades do Estado durante o início da década de noventa, apesar de ser um período marcado pela ausência de registros foi o marco para que se comesse a partir dos meados de 1992 a coleta de dados em todo o Estado, ou seja, nas cidades onde não se havia nenhum tipo de registros pluviométrico, houve o início dos registros de sua própria série histórica (AESA 2010).

Conclusões

Nos estudos em que se tem como variável principal a precipitação, tem-se como de suma importância a retificação para concretização de pesquisas onde se possa determinar uma melhoria na climatologia e por sua vez na qualidade da interpretação sobre determinados eventos. Para tanto, faz-se necessário a partir de um banco de dados, com ausência de falhas durante a série histórica, por meio de metodologias estatísticas, obter em grau de desenvolvimento a identificação do comportamento da precipitação na série, proporcionando assim uma reamostragem dos dados faltosos de maneira eficaz.

Os resultados obtidos pela metodologia bootstrap demonstraram o potencial desta ferramenta, pois além da mesma simular alguns possíveis cenários do ocorrido, o pesquisador tem o poder de combinar os resultados fornecidos pelo método com informações meteorológicas de como estava o tempo no determinado período onde há ausência de dados observados, favorecendo por sua vez, na melhoria dos resultados obtidos pela pesquisa. A reamostragem dos dados com falhas nas séries pluviométricas foi realizada com êxito em todos os dezoito municípios, pela metodologia utilizada na respectiva análise deste estudo, onde em média, na simulação os dados convergiram melhor, para o segundo cenário, dentre os cinco estimados.

Pela análise da densidade relativa nos municípios representativos de cada uma das quatro mesorregiões, se observa uma melhor detecção da série pelo método, nas localidades do Agreste Paraibano e na Mata Paraibana, deste modo, pode ser afirmado que a reamostragem efetuada nesses municípios obteve superioridade nos termos de controle de qualidade, ao ser comparado em média com as demais mesorregiões. Este resultado encontra-se intrinsecamente associado a variabilidade da

precipitação observada nos municípios representativos destas localidades ao ser comparado com os encontrados adentrando o interior do Estado, sendo assim, é observado que o padrão da precipitação em boa parte dos municípios do Agreste e da Mata Paraibana são de melhor valia, principalmente no contexto da realização de prognósticos.

Agradecimentos

Os pesquisadores agradecem ao CNPQ pela concessão da bolsa de estudos a nível de mestrado ao Programa de Pós-Graduação em Meteorologia (PPGMET), a AESA e INMET pelo fornecimento das séries históricas mensais do Estado.

Referências

- AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba, 2002. Relatório Anual Sobre a Situação dos Recursos Hídricos no Estado da Paraíba.
- Chernick, M.R., Labudee, R.A., 2011. An introduction to bootstrap methods with applications to R, 1 ed. A John Wiley and Sons, New Jersey.
- Coskun, A., Ceyhan, E., Inal, T.C., Serteser, M., Unsal, I., 2013. The comparison of parametric and nonparametric bootstrap methods for reference for reference interval computation in small sample size groups. *Accreditation and Quality Assurance* 18, 51-60.
- Davison, A.C., Hinkley, D.V., 1997. Bootstrap methods and their application. *Cambridge Series in Statistical and Probabilistic Mathematics*, 1 ed. Cambridge University Press, Nova York.
- Depiné, H., Castro, N.M.R., Pinheiro, A., Pedrollo, O., 2014. Preenchimento de falhas de dados horários de precipitação utilizando Redes Neurais Artificiais. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* 19, 51-63.
- Efron, B., 1979. Bootstrap methods: another look at jackknife. *Annals of Statistics* 1, 1-26.
- Efron, B., 1986. Bootstrap methods for standart erros confidence intervals and other mea-sures of estatistics accuracy. *Statistical Science* 1, 54-77.
- Efron, B., Tibshirani, R.J., 1993. An introduction to the bootstrap. *Chapman and Hall/CRC Monographs on Statistics and Applied Probability*, 1 ed. Boca Raton, Nova York-Londres.
- Faria, T.M.B., Neto, A.C., 2014. Identificação de modelos ARMA pelo método Bootstrap. *Revista Ciências Exatas e Naturais* 16, 17-33.
- Fischer, S., 1982. Séries univariantes de tempo – Metodologia de Box e Jenkins. Tese (Doutorado). Porto Alegre, FEE.
- Honaker, J., King, G., 2010. What to do about missing values in time series cross-section data. *American Journal of Political Science* 54, 561-581.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Censo, 2014. Disponível: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/>. Acesso: jul. 2015.
- R Development Core Team., 2015. R: A language and enviroment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível: <http://cran.r-project.org/index.html>. Acesso: jul. 2015.
- Shumway, R.H., Stoffer, D.S., 2011. Time Series Analysis and Its Applications, 3 ed. Springer, New York.
- Silva, F.D.S., Ramos, R.M., Costa, R.L., Azevedo, P.V., 2014. Sistema de controle de qualidade para dados diários de variáveis meteorológicas. *Revista Brasileira de Geografia Física* 7, 827-836.
- Sousa, K.S., Dantas, I.A.M., Sá, G.B., Andrade, A.B.A.; Maracajá, P.B., 2015. Levantamento da disponibilidade de dados hidrométricos na Paraíba – Brasil. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável* 10, 139-144.
- Wanderley, H.S., Amorim, R.F.C., Carvalho, F.O., 2012. Variabilidade espacial e preenchimento de falhas de dados pluviométricos para o estado de Alagoas. *Revista Brasileira de Meteorologia* 27, 347-354.
- Wang, Y.L., Yuan, Y.Z., Ren, X.Z., Yao, S.Z., Nian, L.G., 2009. ENSO signals and their spatial-temporal variation characteristics recorded by the sea-level changes in the Northwest Pacific Margin during 1965 – 2005. *Science in China Series D: Earth Sciences* 52, 869-882.